

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 076**

51 Int. Cl.:

B29C 67/00	(2006.01) C22C 5/06	(2006.01)
B28B 1/00	(2006.01) B22F 3/22	(2006.01)
B22F 3/00	(2006.01) B22F 5/00	(2006.01)
B22F 5/10	(2006.01)	
A61C 13/00	(2006.01)	
C22C 29/12	(2006.01)	
H05K 1/02	(2006.01)	
H05K 1/03	(2006.01)	
H05K 3/12	(2006.01)	
H05K 3/46	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2012 E 12751055 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2747986**

54 Título: **Fabricación por capas de microcomponentes de múltiples materiales de forma libre**

30 Prioridad:

26.08.2011 SE 1100624

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.04.2016

73 Titular/es:

**DIGITAL METAL AB (100.0%)
Verkstadsgatan 12
26339 Höganäs, SE**

72 Inventor/es:

**ÅKLINT, THORBJÖRN;
CARLSTRÖM, ELIS;
JOHANDER, PER y
STIERNSTEDT, JOHANNA**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 567 076 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Fabricación por capas de microcomponentes de múltiples materiales de forma libre

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a la fabricación por capas, más particularmente a un procedimiento para la fabricación por capas aditiva de objetos compuestos por más de un material con capacidad de forma libre para todos los materiales incluidos.

10 La invención aborda un procedimiento para fabricar objetos empezando con un modelo en 3D virtual (modelo CAD) y usando esta información para añadir material de manera controlada para conformar el objeto. Estos tipos de procedimientos se denominan comúnmente mediante varios términos por ejemplo prototipado rápido, fabricación de forma libre, fabricación por capas y fabricación aditiva. La impresión en 3D es un procedimiento que pertenece a este grupo. Dado que los objetos con formas muy complejas pueden estar descritos por un conjunto de capas planas, este procedimiento hace posible fabricar cualquier forma deseada dentro de la precisión de la implementación real de estos procedimientos de fabricación por capas.

20 **Técnica anterior**

La impresión en 3D es un procedimiento en el que una capa de polvo se distribuye sobre una superficie. Se usa una impresora de chorro de tinta para distribuir un aglutinante sobre la superficie para crear una unión temporal entre las partículas. El aglutinante se seca y el proceso se repite hasta que se crea un lecho de polvo que contiene un objeto unido con el aglutinante. El polvo suelto se enjuaga o se aclara del objeto y después se sinteriza el objeto. Los límites entre las capas de polvo originales desaparecen y se crea un objeto macizo.

Las ventajas de la impresión en 3D en comparación con otros procedimientos de fabricación por capas son la alta velocidad, la no necesidad de construir estructuras de soporte y que el objeto final es homogéneo sin tensiones residuales. La alta velocidad viene de la deposición de la capa de polvo en una etapa y de que el aglutinante puede depositarse con varias boquillas simultáneamente. Otros procedimientos que pueden construir objetos mediante la dispensación en cada punto o el uso de un único punto de haz de láser o electrones para solidificación selectiva son inherentemente más lentos dado que solo pueden construir en un punto cada vez. El lecho de polvo soporta la estructura haciendo posible construir estructuras que contienen arcos sin construir una estructura de soporte separada que ha de retirarse en una etapa posterior. El polvo puede depositarse sin gradientes de densidad y esto garantiza que la sinterización realizada en una fase separada puede crear un objeto homogéneo sin encogimiento diferencial.

En la invención de impresión en 3D original (Cima, documento US6146567) el polvo se aplicó sobre la superficie mediante la pulverización de una suspensión. En una invención posterior de Fcubic el polvo se extendió en forma seca para crear una capa (Fcubic, documento WO03055628). Este último procedimiento es muy rápido pero está limitado a polvos de grano más grueso con aproximadamente 10-20 IJm de tamaño de partícula que pueden extenderse de manera homogénea en estado seco. Polvos más finos, esto incluye la mayoría de los polvos de metal duro y polvos de cerámica sinterizables, son imposibles de extender en estado seco en una capa delgada homogénea debido a la atracción de van der Waals que inhibe el flujo de partículas pequeñas secas.

Se encontró que un documento relacionado con una invención aún posterior, el documento US 2009/004381 A1, da a conocer un procedimiento para la fabricación por capas aditiva de objetos compuestos por más de un material con capacidad de forma libre para todos los materiales incluidos con las etapas de proporcionar un sustrato plano como plataforma que forma un soporte para construir el objeto, extender una capa de material de polvo sobre el sustrato, aplicar un primer aglutinante a las partes de la capa de polvo que deberían quedar retenidas en el cuerpo de polvo conformado, proporcionando el aglutinante propiedades de aislamiento, aplicar un segundo aglutinante a las partes de la capa de polvo que deberían quedar retenidas en el cuerpo de polvo conformado, teniendo el segundo aglutinante propiedades conductoras, añadir repetidamente capas de polvo, aglutinantes primero y segundo como anteriormente para construir un cuerpo de polvo de la forma y tamaño deseados, aclarar el polvo suelto del objeto y retirar el objeto del soporte.

Cada vez se usan más microsistemas para hacer a los productos más inteligentes, es decir para añadir una nueva funcionalidad a los productos. Se usan por ejemplo en productos como células solares, baterías, OLED, componentes de microondas, dispositivos de laboratorio en un chip (*lab on a chip*) y sensores de alta temperatura, vehículos y aparatos de cocina. Los microsistemas pueden contener sensores que detectan (aceleración, radiación, fuerza, presión, humedad, entorno químico, etc.), también pueden contener actuadores basados en electrostática, magnetostricción, piezoelectricidad y otros principios.

Hasta la fecha no ha sido posible usar fabricación por capas para fabricar directamente encapsulados de microsistemas con estructuras en 3D verdaderas. Los procedimientos disponibles tales como LTCC (cerámica de combustión a baja temperatura) solo pueden suministrar sustratos planos en los que la conexión electrónica (vías)

han de colocarse perpendiculares a las capas. Esto hace necesario a menudo combinar estructuras LTCC con otras estructuras en 3D fabricadas por separado. Usar la fabricación aditiva y directa para construir el encapsulado crearía una ventaja competitiva. El desarrollo de chips electrónicos integrados es un proceso de producción simplificado muy eficiente realizado por fundiciones de silicio. Sin embargo el encapsulado no está estandarizado del mismo modo. El encapsulado es a menudo el coste principal en la producción de microsistemas. Además, el diseño, la fabricación y las pruebas del encapsulado son procesos que requieren mucho tiempo.

Las interconexiones eléctricas para microsistemas están construidas con un material aislante y un material eléctricamente conductor. Para algunas aplicaciones se requieren otros materiales para construir resistencias y para modificar las propiedades dieléctricas. Para interconexiones ópticas, se requieren otras combinaciones de material para construir guías de ondas. Esto requiere que el proceso de fabricación pueda desarrollarse con e integrar varios materiales. Esto no ha sido posible en procedimientos disponibles anteriormente para la fabricación por capas.

Resumen de la invención

En vista de lo mencionado anteriormente y otros inconvenientes de la técnica anterior, un objeto general de la presente invención es proporcionar la fabricación de objetos en 3D que contienen varios materiales con fabricación por capas aditiva.

La invención permite una producción eficiente de objetos que consisten en un material a base de polvo (tal como un material de cerámica, vidrio, híbrido, intermetálico, metal duro o metal) pero con adiciones de uno o más materiales secundarios (tal como un material de cerámica, vidrio, híbrido, intermetálico, metal duro o metal). El material secundario puede integrarse con capacidad de forma libre.

Según un aspecto de la presente invención, se refiere a un procedimiento para la fabricación por capas aditiva de objetos compuestos por más de un material con capacidad de forma libre para todos los materiales incluidos según la reivindicación 1.

Según diversos modos de realización a modo de ejemplo, se proporciona un soporte plano como plataforma para construir el objeto. Se deposita un polvo fino como suspensión a base de agua sobre el soporte usando un molde de ranura, una rasqueta o un procedimiento de extrusión. Se usa un aglutinante temporal para unir partes de la capa que deberían estar incluidas en el objeto conformado final. El agua se seca rápidamente de la suspensión concentrada para solidificar la capa. Se depositan varias capas unas encima de otras para construir el objeto con adición de un aglutinante. Se deposita de manera selectiva un material hidrófobo sobre cada capa de polvo para crear huecos en la siguiente capa. Las partes hidrófobas repelen la suspensión a base de agua. Estos huecos se llenan con materiales secundarios usando dispersión o impresión de chorro de tinta. La deposición de capas de polvo y materiales secundarios se repite con un número deseado de capas. Cuando se ha construido todo el objeto, el polvo suelto, por ejemplo polvo no unido con el aglutinante temporal, se enjuaga o se aclara del objeto. El objeto se retira del soporte antes o después del enjuagado o del aclarado del polvo suelto. Entonces se calienta el objeto para retirar el aglutinante temporal seguido por un calentamiento adicional para sinterizar el objeto para dar un componente sólido que contiene varios materiales.

De este modo pueden incluirse estructuras de material secundario con una forma arbitraria en el objeto. Estas estructuras pueden usarse por ejemplo para construir vías en 3D (líneas de conducción eléctrica, óptica o térmica de una forma y dirección arbitrarias) en una matriz aislante o de refracción.

Generalmente, resultarán evidentes otros objetivos, características y ventajas de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada, a partir de las reivindicaciones dependientes adjuntas, así como a partir de los dibujos que son igualmente posibles dentro del alcance de la invención.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán modos de realización de la invención, a modo de ejemplo, con referencia a modos de realización descritos a modo de ejemplo, experimentos y a los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 es una vista esquemática que ilustra la adición de aglutinante para conformar una estructura y la retirada de polvo suelto según un modo de realización de la presente invención.

La fig. 2 es una vista esquemática que ilustra el principio de crear huecos en capa que van a llenarse con un material secundario según un modo de realización de la presente invención.

La fig. 3 es una vista esquemática de un patrón de contacto según un modo de realización de la presente invención.

La fig. 4 es una vista esquemática de un modo de realización a modo de ejemplo según la presente invención.

La fig. 5 es un diagrama de flujo esquemático de un modo de realización del procedimiento según la presente invención.

5 Ha de entenderse que los dibujos no están verdaderamente a escala y, como apreciará fácilmente un experto en la técnica, dimensiones distintas a las ilustradas en los dibujos son igualmente posibles dentro del alcance de la invención.

Descripción detallada de modos de realización de la invención

10 Según diversos modos de realización, la invención puede usarse para producir un encapsulado para microsistemas en el que la cerámica actúa como aislante y el material secundario se usa para, o forma, líneas conductoras en 3D o vías en 3D. El polvo fino usado en este procedimiento hace posible usarlo para, o permite, construir componentes con tamaño característico pequeño, alta precisión y/o una demanda de alta precisión. Otros usos a los que se
15 destina este procedimiento son construir sistemas optoelectrónicos, sistemas microfluídicos, pequeñas piezas de precisión mecánicas, herramientas de molienda, objetos dentales o implantes médicos. Los microsistemas formados según diversos modos de realización según la invención pueden usarse ventajosamente para hacer a los productos más inteligentes, es decir, añadir una nueva funcionalidad a los productos.

20 La invención construye sobre el concepto de impresión en 3D. Sin embargo, en lugar de extender o pulverizar un polvo seco, la capa de polvo se añade como suspensión concentrada en agua. La suspensión se aplica en una capa delgada usando un molde de ranura, una rasqueta, una deposición con extrusión u otras técnicas para extender la suspensión. Esto es diferente de la pulverización, en la que la cerámica o el metal han de estar en una suspensión muy diluida con el fin de tener una viscosidad para pasar a través de la boquilla de pulverización. Con la aplicación de una suspensión con un molde de ranura es posible añadir una capa muy delgada de polvo (1-50 µm) de una
25 manera controlada con precisión a partir de una suspensión altamente concentrada. El término altamente concentrada se usa en este caso para describir una suspensión próxima a la concentración de encapsulado aleatorio teórica. La suspensión altamente concentrada se solidifica rápidamente ya que solo requiere la retirada de una cantidad insignificante de agua para convertirla en un sólido. Entonces se imprime un aglutinante sobre partes de la capa que deberían permanecer en el cuerpo final.

30 La adición de un aglutinante para conformar la estructura retirando polvo suelto mediante enjuagado o aclarado se ilustra mediante la figura 1. El principio de crear huecos en capas que van a llenarse con un material secundario se ilustra mediante la figura 2.

35 El material añadido como capas puede ser una cerámica pero también es posible extender capas de otros polvos finos tales como vidrio, materiales híbridos, carburos cementados, intermetálicos o metales. El requisito es que los polvos tengan un bajo tamaño de partícula, tal como <5 µm, de modo que puedan dispersarse con una sedimentación reducida, o sin sedimentación, pero que también puedan funcionar con capas delgadas para hacer posible formar pequeñas formas con alta precisión. Los polvos pueden dispersarse adicionalmente en agua con una
40 reacción significativa reducida, o sin reacción significativa, entre el polvo fino y el agua. Además, según el procedimiento, el polvo puede sinterizarse para dar un material final denso. Con esta finalidad, se utilizan polvos no aglomerados con capacidad de sinterización, en los que el requisito de tamaño de partícula depende del tipo de material real. Para cerámicas de alto rendimiento puede utilizarse un tamaño de partícula por debajo de 1 µm.

45 Los procesos de impresión en 3D pueden disponerse para crear cavidades internas (orificios o canales) en un componente siempre que estén conectados a la superficie del componente y pueda enjuagarse o aclararse el polvo suelto tras crearse el componente. Llenar cavidades creadas con un material secundario tras la fabricación de todo el componente es difícil y poco práctico. Poder añadir un segundo material dentro del componente puede ser útil, o necesario, con el fin de crear el espacio para ello a medida que se crea la capa.

50 Usar una perforación mecánica o mecanizado con láser para crear cavidades en cada capa es posible pero provocaría la emisión de esquirlas u otros residuos. Esto resultaría muy difícil de retirar y destruiría un proceso que tiene como objetivo estructuras pequeñas creadas con alta precisión y alta calidad.

55 En lugar del mecanizado, se imprime de manera selectiva un líquido hidrófobo sobre parte de una capa. Cuando se añade la siguiente capa las zonas hidrófobas repelen la suspensión de polvo a base de agua provocando un hueco (orificio de cavidad) en la capa en el que puede añadirse un segundo (o tercer o cuarto) material. El líquido hidrófobo puede comprender, o consistir en, por ejemplo, hidrocarburos (alcanos, aceites, grasas), fluorocarburos o siliconas.

60 Dado que las cavidades se crean capa por capa, pueden llenarse capa por capa con una pasta de un material secundario usando dispensadores, impresión de chorro de tinta u otros procedimientos de aplicación. El llenado de cavidades con un dispensador (realizado en un punto cada vez) es un proceso más lento que la impresión de chorro de tinta del aglutinante (realizada con una disposición de boquillas) pero en la mayoría de las aplicaciones la zona que ha de llenarse solo es una pequeña parte de toda la sección del componente. De este modo se mantiene la
65 ventaja principal de la deposición y solidificación de capas enteras rápidamente.

Este proceso permite la creación de orificios de vías tridimensionales (vías ópticas o conexiones conductoras en 3D) dentro del componente o integrar otras estructuras en 3D de un segundo material en la estructura. Los materiales añadidos pueden elegirse o adaptarse para ser compatibles con el procedimiento de sinterización. Este problema, sin embargo, se soluciona por ejemplo en la tecnología LTCC disponible comercialmente (cerámicas de co-
5 combustión de baja temperatura para aplicaciones de electrónica).

Según un modo de realización, el proceso también puede usarse con la adición de un material de sacrificio como material secundario en los huecos creados por las zonas hidrófobas. El material de sacrificio se elige para llenar temporalmente los huecos pero para desaparecer durante el tratamiento con calor antes de la sinterización o
10 durante las fases tempranas de la sinterización. Esto puede usarse para incluir canales, canales cerrados y/o cavidades en el componente. Dado que estas cavidades no se llenan con material secundario permanente no han de estar conectadas con la superficie exterior del cuerpo. El material de sacrificio se descompone/evapora a través de los poros del objeto antes de que queden sellados durante la sinterización. Un ejemplo de un material de sacrificio es grafito que se oxida para formar dióxido de carbono si el objeto se calienta en aire durante el tratamiento con calor. Otro ejemplo de un material de sacrificio es una cera que se funde y evapora durante el tratamiento con calor. El enjuagado o aclarado de pequeños canales o pequeñas cavidades a menudo es difícil y requiere tiempo incluso si los canales o cavidades están abiertos a la superficie del objeto.

También es posible con este procedimiento añadir líneas conductoras planas mediante chorro de tinta con una tinta metálica conductora antes de añadir la siguiente capa de cerámica de una manera similar a lo realizado en la tecnología de LTCC.

Por ejemplo, el procedimiento permite la fabricación de encapsulado de cerámica (o interconexiones de cerámica) para una amplia gama de microsistemas. Añadir materiales funcionales y conectar este material mediante conductores eléctricos hace posible añadir sensores o actuadores. Añadir líneas conductoras, resistencias, inductancias y capacitancias y puntos de conexión para chips electrónicos abre la integración de sistemas inteligentes. Por ejemplo, pueden usarse microsistemas en productos como células solares, baterías, OLED, componentes de microondas, dispositivos de laboratorio en un chip y sensores de alta temperatura, vehículos y aparatos de cocina. Los microsistemas pueden contener además sensores que detectan (aceleración, radiación, fuerza, presión, humedad, entorno químico, etc.), también pueden contener actuadores basados en electrostática, magnetostricción, piezoelectricidad y otros principios. Los microsistemas también pueden contener cavidades que forman guías de ondas para luz y microondas, así como canales para el transporte de fluidos. Los microsistemas formados según el procedimiento también pueden contener guías de ondas ópticas.

La alta precisión y capacidad para construir características complejas e integrar materiales secundarios proporciona la posibilidad de fabricar pequeñas herramientas de mecanizado complejas o implantes médicos así como productos dentales. El procedimiento también proporciona la posibilidad de crear canales y cavidades con metalización interna. Tales estructuras pueden usarse como guías de ondas en aplicaciones de microondas. Para microondas de alta frecuencia (THz o próximas al THz) es necesario sustituir las conexiones de microcintas con guías de ondas. Es necesario que estas guías de ondas (canales metalizados) sean de alta precisión y con baja rugosidad superficial para evitar pérdidas. Esta alta precisión y baja rugosidad superficial puede fabricarse con este procedimiento.

Ejemplo 1

En un experimento de modelo sencillo se usó una estación de moldeo con rasqueta en lugar de un molde de ranura para la aplicación manual de capas. En una placa de alúmina sinterizada se serigrafió un patrón metálico. El patrón consistía en líneas conductoras rectas en diferentes dimensiones terminadas por un punto de contacto, figura 3. La impresión se realizó con una pasta de plata para tener buena conducción eléctrica.

La placa con el conductor se situó en la estación de moldeo. Se moldeó una suspensión de alúmina (40% en volumen de AKP 30, Sumitomo Chemicals), en agua con un agente dispersante (0,35% de Dolapix PC21) con una rasqueta con 80 μm de hueco. Este moldeo creó una película con polvo de alúmina fino sobre la placa.

Se crearon orificios para vías mediante la dispensación de un líquido hidrófobo. El líquido hidrófobo era un líquido a base de fluorocarburo. En zonas en las que se aplicó el líquido hidrófobo la suspensión de alúmina a base de agua no se humedeció y por tanto evitó esas zonas. Se crean orificios que penetran en la capa de polvo de alúmina seca.

Se serigrafió una nueva capa de conductores encima de la capa de cerámica secada. Se desplazó el patrón conductor de segunda capa de modo que la primera capa puede conectarse a través del punto de contacto. La pasta de plata penetra a través de los orificios creados y conecta la primera capa con la segunda capa, estableciendo por tanto una conexión de vías.

Se confirmó la conexión midiendo un cortocircuito entre los puntos de extremo de capa superior e inferior que se muestran en la figura 4. La corriente ha alternado a través de la capa superior e inferior a través de seis vías.

Ejemplo 2

Se construyó una máquina para la fabricación por capas. Consiste en una mesa con actuadores lineales (NSK y HIWIN) que pueden mover una plataforma en las direcciones x-y-z. La plataforma móvil se controla con un controlador PLC (Beijer).

5 La plataforma móvil incorpora un molde de ranura (Premier Dies) alimentado por una suspensión de cerámica a presión con una bomba de precisión (tal como una bomba de engranajes de precisión). La suspensión de cerámica es similar a la del ejemplo 1 pero la concentración de sólidos se ajustó a una viscosidad adecuada para el molde de ranura.

10 Se fijaron cabezales de chorro de tinta (HP) con una electrónica de accionamiento (Megatech Electronic) a la plataforma para poder imprimir tanto un aglutinante de látex temporal como un líquido hidrófobo.

15 También se incorporaron dispensadores a la plataforma móvil y se llenaron con pasta conductora.

Se programó un ordenador para controlar el molde de ranura a través del PLC y para transferir información de impresión para accionar la electrónica de impresión para cada capa. Después se elevó la plataforma móvil antes de la deposición de la siguiente capa.

20 Se usó esta máquina para construir vías conductoras en 3D en estructura de encapsulado de cerámica.

Con referencia a la fig. 1, la fig. 2 y la fig. 5, se ilustran objetos 1 del modo de realización fabricados usando el procedimiento 11 a modo de ejemplo. Tal como se muestra, el modo de realización ejemplar del procedimiento 11 comprende:

25 - proporcionar un sustrato plano como plataforma que forma un soporte 2 para construir el objeto 1, indicado por el bloque 12 en la fig. 5,

30 - hidrofobizar partes seleccionadas de un sustrato plano, tal como la capa de polvo 4, 4a, 4b de suspensión de polvo a base de agua, o la plataforma que forma el soporte 2, aplicando una disolución hidrófoba, tal como 3a o 3b, indicado por el bloque 13 en la fig. 5;

35 - extender una suspensión de polvo a base de agua 4a o 4b compuesta por partículas con un tamaño por debajo de 5 (cinco) μm en una capa con un grosor por debajo de 50 (cincuenta) μm , indicado por el bloque 14 en la fig. 5;

- aplicar un aglutinante 5 a las partes de la capa de polvo que deberían retenerse en el cuerpo de polvo conformado, indicado por el bloque 15 en la fig. 5;

40 - aplicar uno o más materiales 6a secundarios como suspensiones de polvo o pastas de polvo a los huecos en la capa creados por la repulsión hidrófoba de la suspensión a base de agua, indicado por el bloque 16 en la fig. 5;

45 - añadir repetidamente capas de polvo 4a, 4b, 4c, etc., zonas hidrófobas 3a y 3b, aglutinantes 5a, 5b, y 5c y materiales secundarios correspondientes al material secundario 6a, como anteriormente para construir un cuerpo de polvo de forma y tamaño deseados, indicado por el bloque 17 en la fig. 5;

- enjuagar o aclarar el objeto de polvo suelto y retirar el objeto del soporte 2, indicado por el bloque 18 en la fig. 5; y

50 - realizar tratamiento térmico para eliminar el aglutinante y sinterizar el objeto de polvo para dar un cuerpo sólido, indicado por el bloque 19 en la fig. 5.

Se observa que, con referencia a la fig. 2, se ilustra que la parte seleccionada de la capa de polvo 4a y 4b forma el sustrato plano que se somete a hidrofobización aplicando unas disoluciones hidrófobas 3a y/o 3b. Sin embargo, la disolución hidrófoba también puede aplicarse directamente sobre la plataforma que forma el soporte 2, en el que la plataforma que forma el soporte 2 forma el sustrato plano en la etapa de hidrofobización.

55 Ha de observarse que la invención se ha descrito anteriormente, principalmente con referencia a unos pocos modos de realización. Sin embargo, como apreciará fácilmente un experto en la técnica, otros modos de realización distintos a los divulgados anteriormente son igualmente posibles dentro del alcance de la invención, tal como se define por las reivindicaciones de patente adjuntas.

60 Ha de observarse adicionalmente que, en las reivindicaciones, el término "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un único aparato u otra unidad puede satisfacer las funciones de varios elementos indicados en las reivindicaciones. El mero hecho de que se indiquen determinadas características o etapas de procedimiento en reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que no pueda usarse con ventaja una combinación de estas características o etapas.

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (11) para la fabricación por capas aditiva de objetos (1) compuestos por más de un material con capacidad de forma libre para todos los materiales incluidos con las etapas de:
 - a) proporcionar (12) un sustrato plano como plataforma que forma un soporte (2) para construir el objeto (1),
 - b) hidrofobizar (13) partes seleccionadas de un sustrato plano aplicando una disolución hidrófoba (3a, 3b),
 - c) extender (14) una suspensión de polvo (4a, 4b) a base de agua compuesta por partículas con un tamaño por debajo de 5 μm en una capa con un grosor por debajo de 50 μm ,
 - d) aplicar (15) un aglutinante (5) a las partes de la capa de polvo que deberían retenerse en el cuerpo de polvo conformado,
 - e) aplicar (16) uno o más materiales secundarios (6a) como suspensiones de polvo o pastas de polvo a los huecos en la capa creados por la repulsión hidrófoba de la suspensión a base de agua,
 - f) añadir repetidamente (17) capas de polvo (4a, 4b, 4c), zonas hidrófobas (3a, 3b), aglutinantes (5a, 5b, 5c) y materiales secundarios como anteriormente para construir un cuerpo de polvo de forma y tamaño deseados,
 - g) enjuagar (18) o aclarar el objeto del polvo suelto, y
 - h) realizar un tratamiento térmico (19) para eliminar el aglutinante y sinterizar el objeto de polvo para dar un cuerpo sólido.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además, entre las etapas g) y h), una etapa de retirar el objeto del soporte (2).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que se llenan de manera selectiva huecos en las capas de polvo con un material de sacrificio (6a) que deja cavidades o canales en el objeto sinterizado.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la suspensión de polvo se deposita en capas mediante una rasqueta, molde de ranura o procedimiento de extrusión, en el que el material hidrófobo y aglutinante se deposita mediante impresión de chorro de tinta, y los materiales secundarios se depositan mediante dispensación o impresión de chorro de tinta.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material hidrófobo (3a, 3b) es una solución o dispersión de fluorocarburos o siliconas.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la suspensión de polvo consiste en un polvo de cerámica o metal duro.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se añade una funcionalidad adicional incluyendo materiales dieléctricos, resistivos, semiconductores, magnéticos u otros materiales funcionales para sensores o actuadores.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento se usa para crear estructuras con materiales conductores y aislantes para crear encapsulado para microsistemas.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento se usa para crear implantes o sustituciones dentales.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento se usa para crear herramientas para molienda o corte.
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento se usa para crear piezas de precisión mecánicas.
12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento se usa para crear canales y cavidades en un material de cerámica con superficies metalizadas (7) para su uso como guías de ondas para microondas.
13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento se usa para crear canales y cavidades en un material de cerámica con superficies (7) metalizadas para el transporte de

fluido.

- 5
14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento se usa para crear guías de ondas ópticas.
 15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que las guías de ondas se crean en o encima de un material de cerámica.

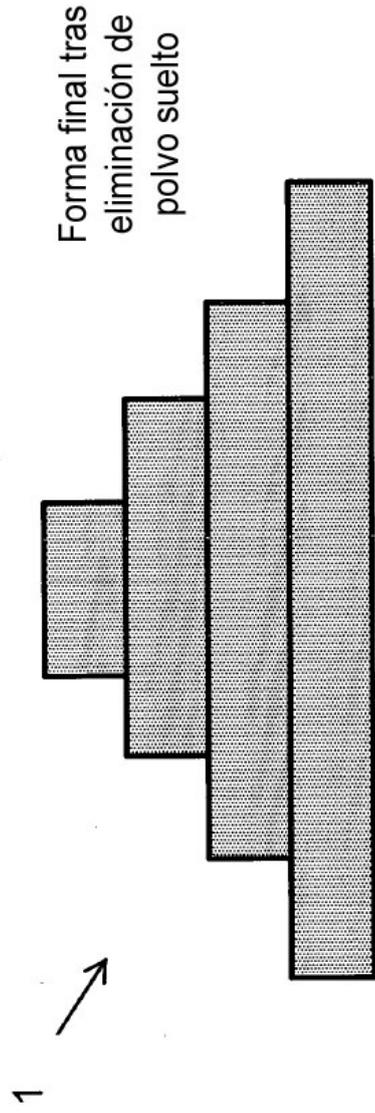
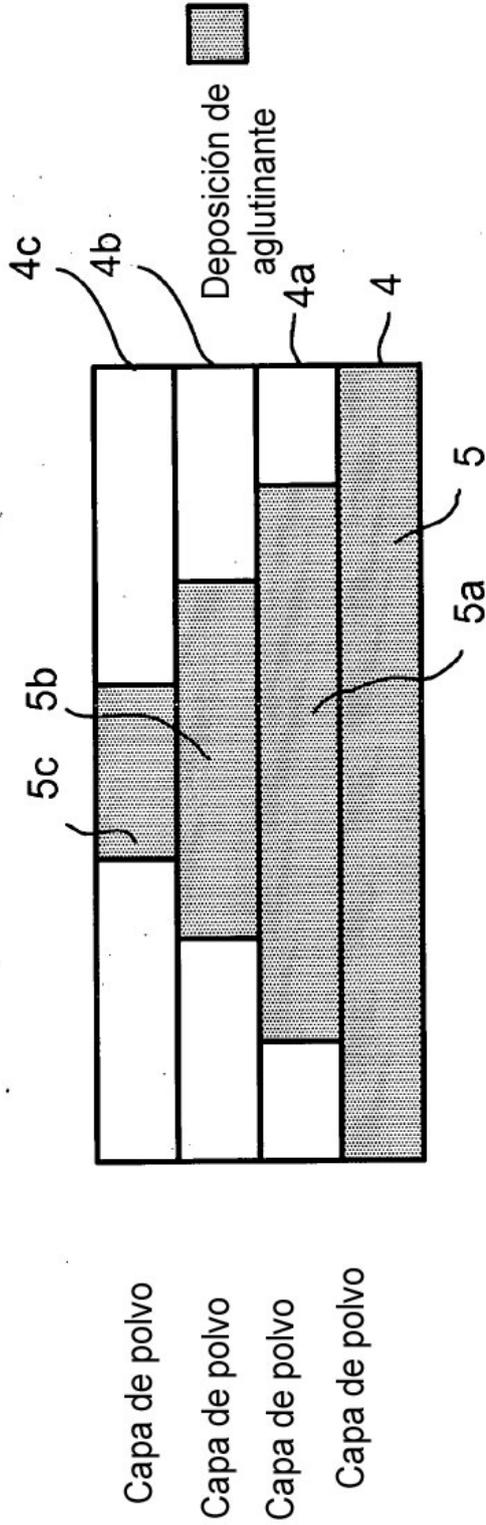
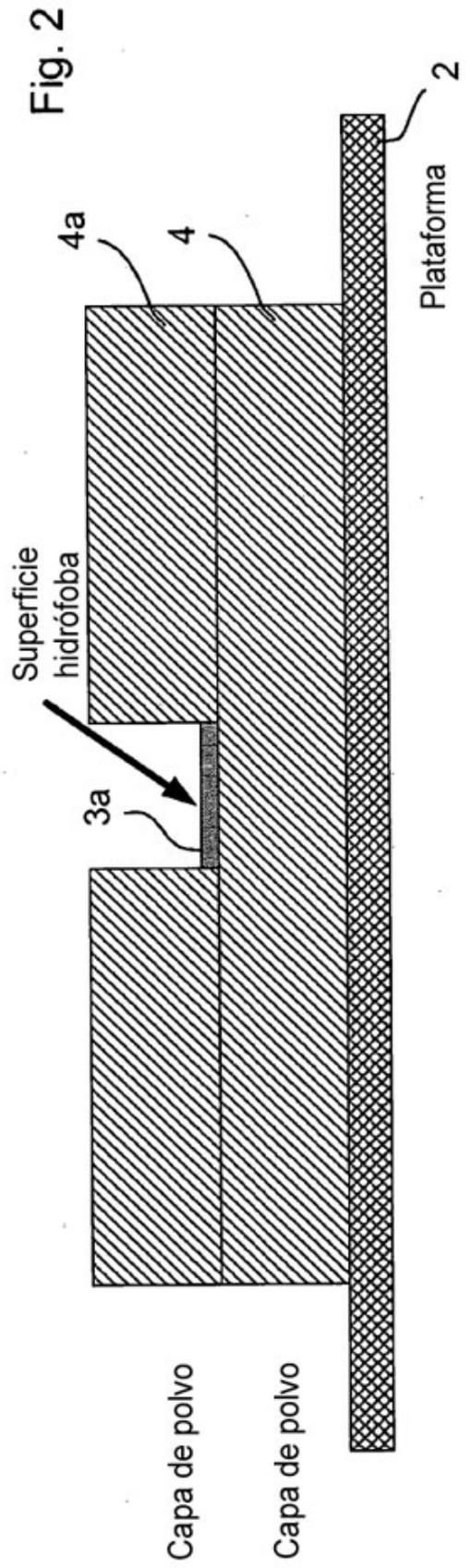
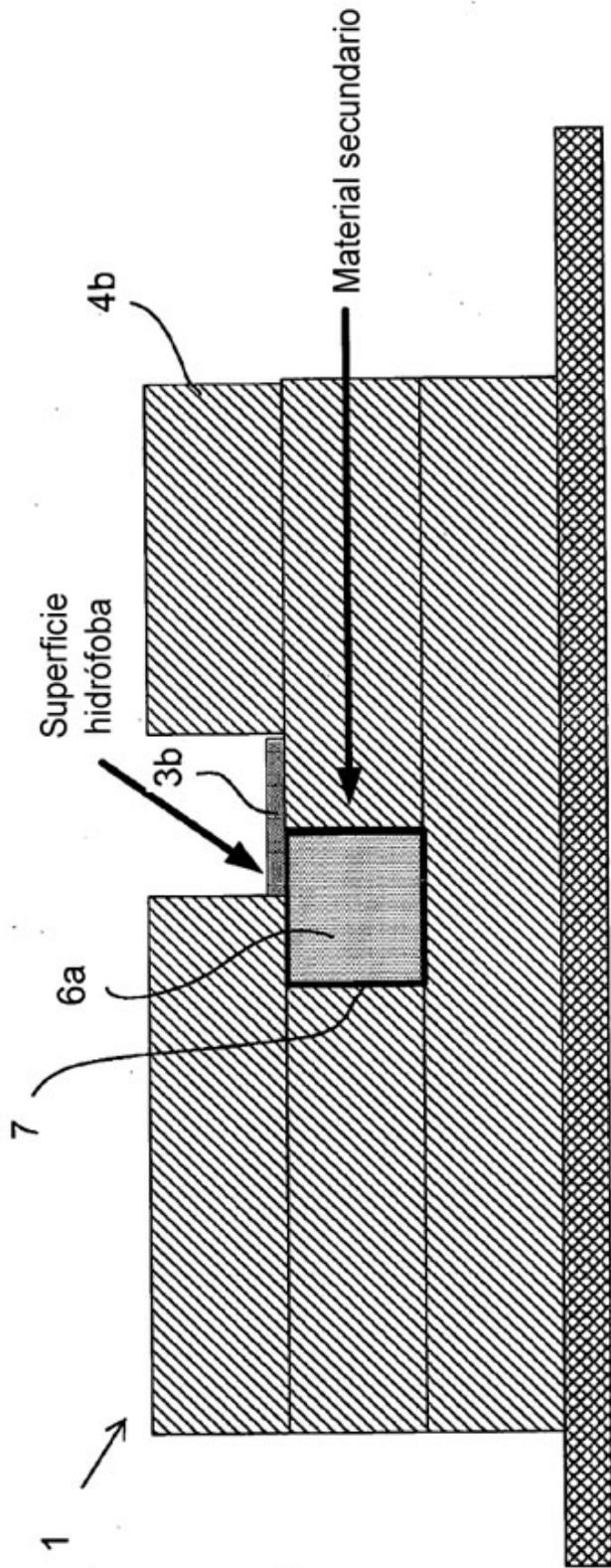


Fig. 1



Dibujo esquemático de patrón de contacto

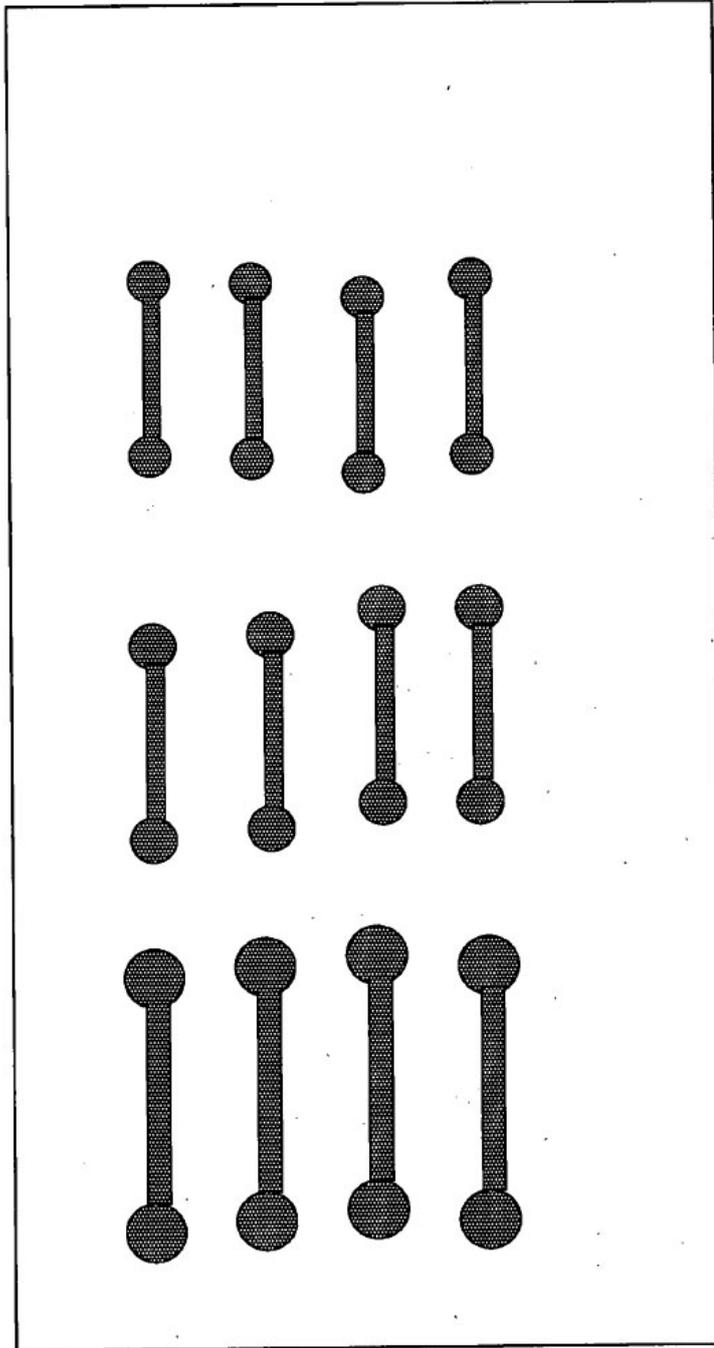


Fig. 3

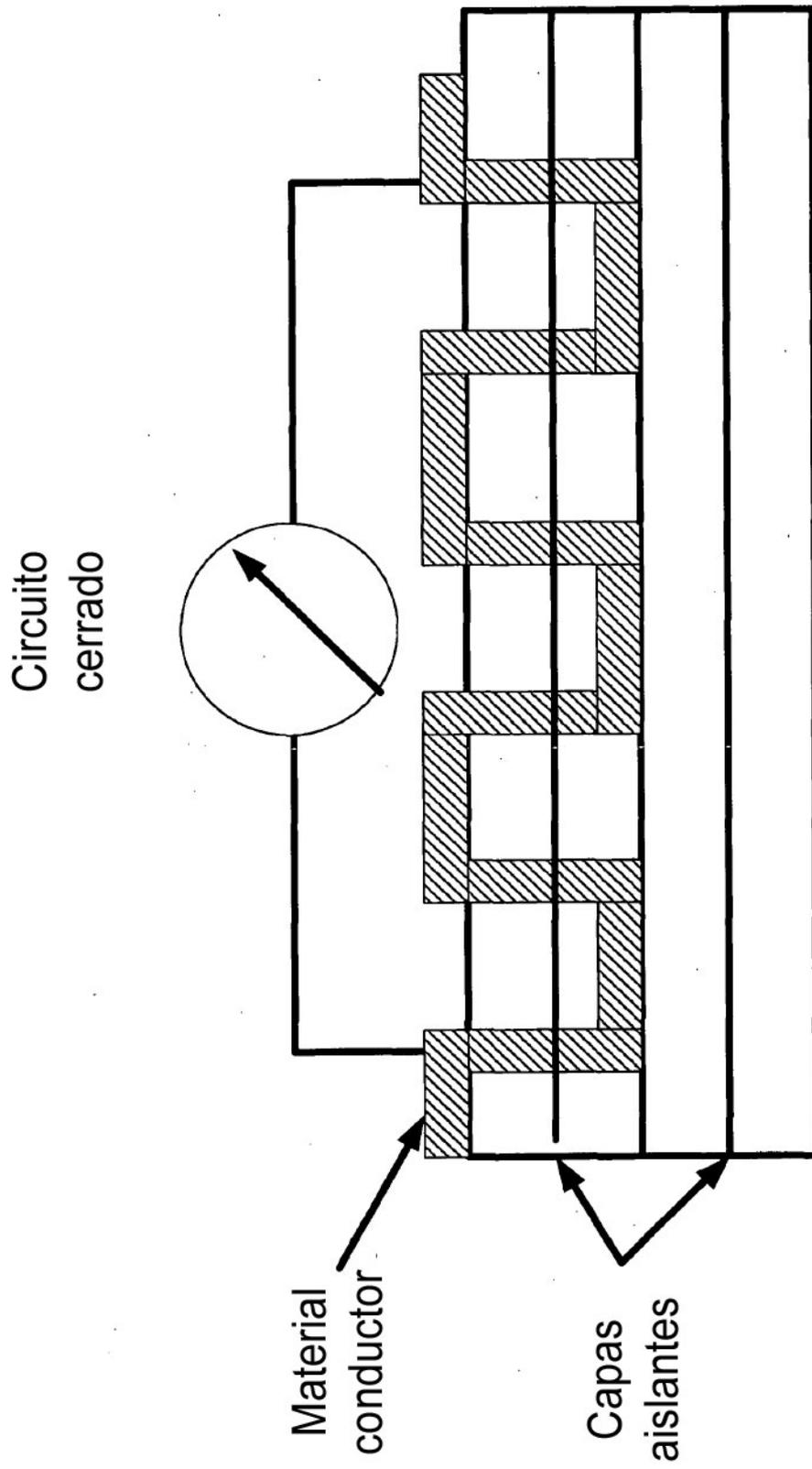


Fig. 4

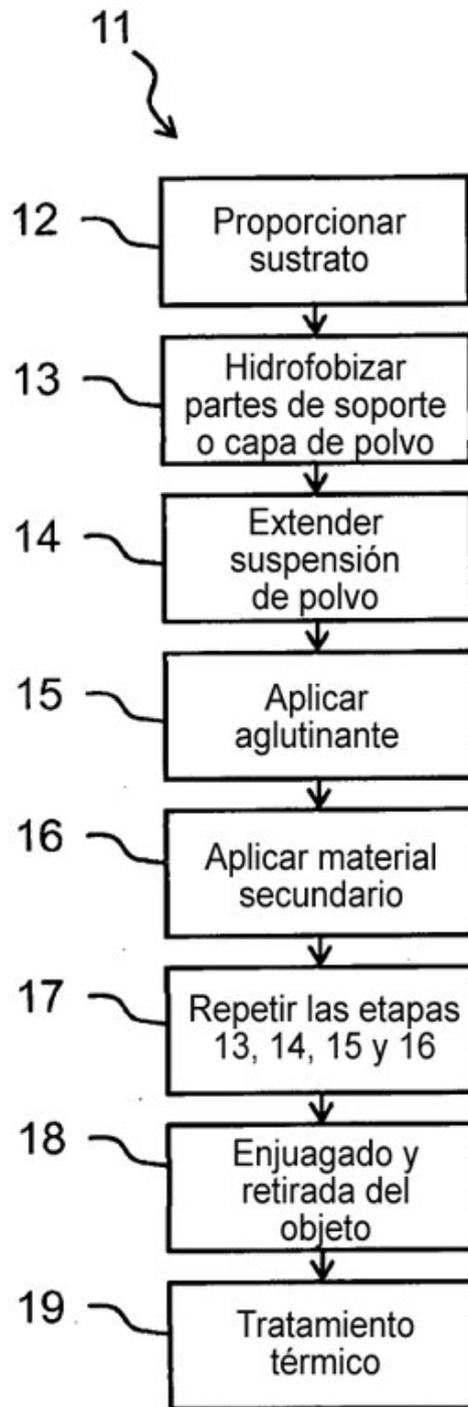


Fig. 5